

змінюватись залежно від конкретних умов. Завданням оптимізації було визначення такого діаметра відстійника, при якому приведені витрати установки були б мінімальними. Діаметр відстійника D_v змінювали від 0,5 до 2 м з кроком 0,5 м. Параметри фільтра визначали згідно з [2,3]. Вартість матеріалів відповідала цінам 2000 р. [4,5]. Норми витрат на поточний ремонт та інших витрат визначали згідно з [1], витрати на електроенергію – з [3], норми амортизаційних відрахувань – з [6].

У результаті проведених розрахунків виявлено, що раціональним діаметром відстійника з гвинтовими полицями при $Q = 100 \text{ м}^3/\text{добу}$ є діаметр $D = 1 \text{ м}$, при $Q = 200 \div 800 \text{ м}^3/\text{добу}$ – $D = 2 \text{ м}$.

1. Водоснабжение. Технико-экономические расчеты / Под ред. Басса Г.М. – К.: Вища школа, 1977. – 152 с.

2. Доочистка сточных вод на зернистых фильтрах: Специальное издание / Н.Н. Ги-роль, М.Г. Журба, Г.М. Семчук, Б.Н. Якимчук. – К., 1998. – 92 с.

3. Орлов В.О., Зошук А.М., Мартинов С.Ю. Пінополістирольні фільтри в техноло-гічних схемах водопідготовки / Під заг. редакцією В.О. Орлова. – Рівне: РДТУ, 1999. – 143 с.

4. Бизнес // Прайс-листы. – 2000. – № 41 (404). – С. 254.

5. Бизнес // Прайс-листы. – 2000. – № 47 (410). – С. 74, 196.

6. О составе затрат и единых формах амортизационных отчислений: Сборник нор-мативных документов. – М.: Финансы и статистика, 1993. – 224 с.

Отримано 10.12.2002

УДК 614.628.515

О.Н.СИНЧУК, д-р техн. наук

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г.Харьков

Ю.Г.ОСАДЧУК, канд. техн. наук

Криворожский технический университет

М.Р.САЛЬНИКОВ

Криворожский государственный горнометаллургический комбинат "Криворожсталь"

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Приводится математический аппарат, описывающий параллельную работу насо-сов на общую сеть водоснабжения. Анализируется параметрическое управление парал-лельно работающими насосами.

На насосных станциях для перекачки воды, как правило, исполь-зуется несколько насосных агрегатов. В зависимости от технологиче-ских требований в работе на общую сеть одновременно может нахо-диться различное их количество [1].

В настоящее время на насосных станциях широко внедряется регулируемый электропривод [3]. Использование при этом различных преобразователей напряжения (преобразователей частоты, регуляторов напряжения) позволяет регулировать скорость вращения вала насоса, что дает возможность регулировать в определенном диапазоне давление и расход воды в системе водоснабжения. Экономически целесообразным для насосных станций, на которых насосы работают параллельно на общую сеть, является применение одного преобразователя напряжения, который регулирует скорость одного из насосов, запускает или останавливает при необходимости тот или иной насос. Расход других, не регулируемых по скорости насосных агрегатов можно изменять, управляя задвижкой на выходе насоса. Появляется возможность многопараметрического управления системой водоснабжения, т.е. варьированием скоростью вращения регулируемого насосного агрегата и положением задвижек на выходе насосов, добиться наиболее эффективного с энергетической точки зрения режима работы всей насосной станции при требуемом расходе и давлении.

Рассмотрим систему водоснабжения (рис.1), которая состоит из нескольких параллельно работающих центробежных насосов и общего потребителя. При этом регулирование скорости производится только у одного насоса, а регулирование производительности путём изменения положения задвижки на выходе насосного агрегата осуществляется у всех насосов, как у регулируемого по скорости, так и у нерегулируемых.

Напорная характеристика нерегулируемого i -го насоса [3]

$$H_{ni} = H_{oi} - S_i Q_i^2,$$

где H_{ni} – напор i -го насоса; Q_i – расход i -го насоса; H_{oi} , S_i – коэффициенты аппроксимации напорной характеристики.

Напорная характеристика регулируемого по скорости насоса [3]

$$H_p = H_{op} i^2 - S_p Q_p^2,$$

где H_p – напор регулируемого насоса; Q_p – расход регулируемого насоса; H_{op} , S_p – коэффициенты аппроксимации напорной характеристики регулируемого насоса; i – отношение скорости вращения рабочего колеса регулируемого насоса к номинальной.

Разность давления в точках а и в (рис.1) можно записать с помощью системы уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} H_{ав} = H_{н1} - S_{з1} Q_1^2; \\ \dots\dots\dots; \\ H_{ав} = H_{ни-1} - S_{зи-1} Q_{i-1}^2; \\ H_{ав} = H_{ни} - S_{зи} Q_i^2; \\ H_{ав} = H_p - S_{зр} Q_p^2, \end{array} \right.$$

где $S_{зи}$ – гидравлическое сопротивление задвижки i -й ветви; $S_{зр}$ – гидравлическое сопротивление задвижки регулируемого насоса.

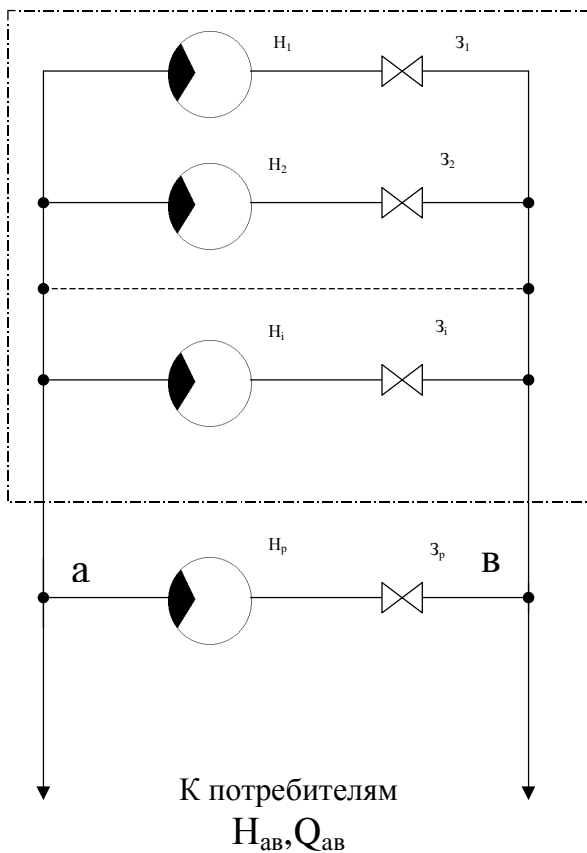


Рис.1 – Структурная схема системы водоснабжения

Если коэффициенты $H_{o1} = \dots = H_{oi-1} = H_{oi} = H_o$ нерегулируемых насосов одинаковые, то система, характеризующая работу параллельно работающих нерегулируемых насосов, сводится к выражению

$$Q_{\Sigma}^2 = (H_o - H_{ab}) \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{S_i + S_{3i}}} \right)^2$$

или

$$H_{ab} = H_o - \left(\sum_{i=1}^n \sqrt{S_i + S_{3i}} \right)^2 Q_{\Sigma}^2.$$

Если в системе водоснабжения два насоса, один из которых регулируется по скорости, то их параллельная работа может быть записана в виде системы уравнений

$$\begin{cases} H_{ав} = H_{o1} - (S_1 + S_{31}) Q_1^2; \\ H_{ав} = H_{op} i^2 - (S_p + S_{3p}) Q_p^2; \\ Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_p. \end{cases}$$

Решая систему относительно $H_{ав}$ и Q_{Σ} , получим

$$Q_{\Sigma}^2 = \frac{H_{o1}(S_p + S_{3p}) + H_{op} i^2 (S_1 + S_{31}) - H_{ав} (S_p + S_{3p} + S_1 + S_{31})}{(S_1 + S_{31})(S_p + S_{3p})} - 2 \sqrt{\frac{(H_{ав} - H_{o1})(H_{ав} - H_{op} i^2)}{(S_1 + S_{31})(S_p + S_{3p})}}.$$

Суммарную мощность на валу насосных агрегатов запишем в виде

$$P_{\Sigma} = P_p + \sum_{i=1}^n P_i,$$

где P_i – мощность на валу i -го насоса; P_p – мощность на валу регулируемого насоса.

Мощность на валу нерегулируемого насоса

$$P_i = \frac{\rho g Q_i H_{ni}}{\eta_{ni} (Q_i)}.$$

Мощность на валу регулируемого насоса

$$P_p = \frac{\rho q Q_p H_p}{\eta_p(Q_p)},$$

где ρ – плотность перекачиваемой жидкости; q – ускорение свободного падения $q=9,81\text{ м/с}^2$; $\eta_p(Q_p)$ – КПД регулируемого насоса; $\eta_{ni}(Q_i)$ – КПД нерегулируемого насоса.

Анализ работы параллельно работающих насосов проведём на примере насосной станции №3 КГГМК «Криворожсталь», осуществляющей подачу воды грязного цикла насосами типа 22НДС. Паспортные данные насоса 22НДС: номинальная подача – $3600\text{ м}^3/\text{ч}$, номинальный напор – 52 м , мощность приводного асинхронного двигателя – 630 кВт . В соответствии с технологическими требованиями в работе должны находиться два насоса. В системе водоснабжения необходимо поддерживать давление 40 м . В зависимости от количества потребителей в системе водоснабжения напор изменяется в диапазоне $5000\text{--}7000\text{ м}^3/\text{ч}$.

На основании вышеописанной математической модели с помощью программы Mathcad 2001 были построены графики зависимостей суммарных мощностей, потребляемых насосами: от положения задвижек регулируемого и нерегулируемого насосов (рис.2), от положения задвижки нерегулируемого насоса и относительного изменения скорости вращения рабочего колеса регулируемого насоса (рис.3), от положения задвижки регулируемого насоса и относительного изменения скорости вращения рабочего колеса регулируемого насоса (рис.4).

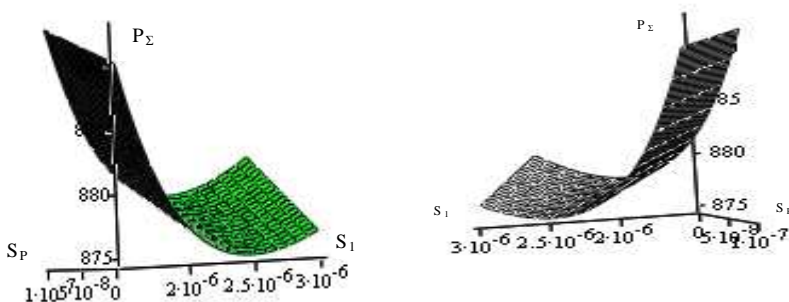


Рис.2 – График зависимости суммарной мощности P_{Σ} , потребляемой насосами, от положения задвижек регулируемого S_p и нерегулируемого S_1 насосов

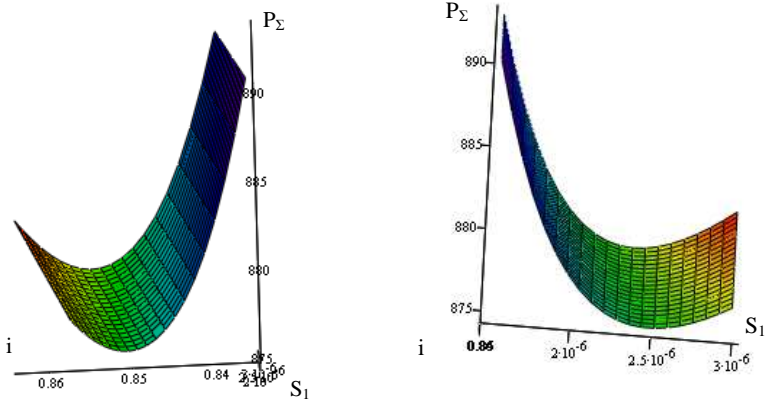


Рис.3 – График зависимости суммарной мощности P_{Σ} , потребляемой насосами, от положения задвижки нерегулируемого насоса S_1 и относительного изменения скорости вращения рабочего колеса регулируемого насоса i

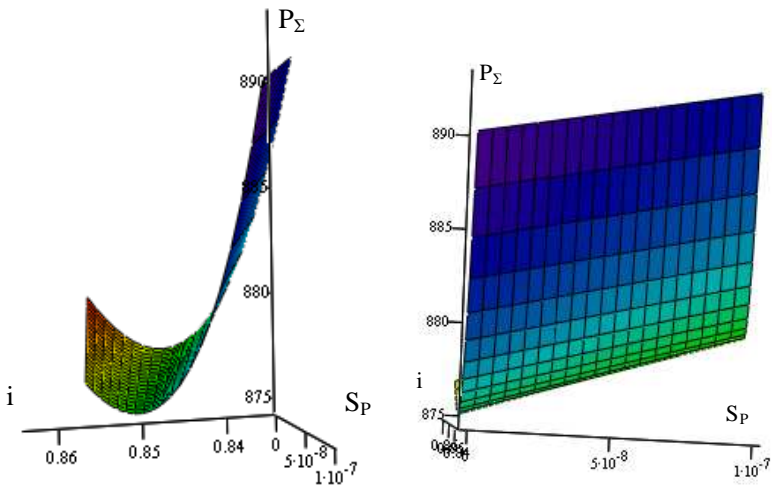


Рис.4 – График зависимости суммарной мощности P_{Σ} , потребляемой насосами, от положения задвижки нерегулируемого насоса S_P и относительного изменения скорости вращения рабочего колеса регулируемого насоса i

Графики представлены для случая, когда при напоре 40 м потребление воды составляет $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Зависимости суммарной мощности от по-

ложения задвижек при расходе $7000 \text{ м}^3/\text{ч}$ аналогичны вышеприведенным с той лишь разницей, что минимум суммарной мощности составляет $1152,83 \text{ кВт}$ при сопротивлении задвижки нерегулируемого насоса $9,63 \cdot 10^{-7} \text{ ч/м}^2$, полностью открытой задвижке регулируемого насоса и относительном изменении скорости вращения рабочего колеса регулируемого насоса $0,89$.

Таким образом, при увеличении потребления воды на насосной станции для минимизации энергопотребления необходимо не только увеличивать скорость вращения приводного двигателя насосного агрегата, но и регулировать производительность нерегулируемого насоса путем уменьшения гидравлического сопротивления его задвижки. При этом задвижка регулируемого по скорости насоса должна быть полностью открытой.

Для реализации предложенного способа регулирования нужна система управления, включающая датчики давления, расхода и потребляемой активной мощности, а также экстремальный регулятор мощности.

1.Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 320 с.

2.Браславский И.Я. Асинхронный полупроводниковый электропривод с параметрическим управлением. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 224 с.

3.Дмитриенко Ю.А. Регулируемый электропривод насосных агрегатов. – Кишинев: Штиинца, 1985.

Получено 25.12.2002

УДК 628.35.15

О.М.НЕЧИПОР

Київський національний університет будівництва і архітектури

РОЗРАХУНОК ВІДСТІЙНИКІВ БЕЗ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ТРУБИ З НИЗХІДНО-ВИСХІДНИМ РУХОМ ВОДИ

Наведено метод розрахунку прямокутних вертикальних відстійників без центральної труби з низхідно-висхідним рухом води та його апробації.

Найбільш значні роботи, що поклали початок теоретичним основам седиментації, пов'язані з іменами таких видатних учених, як Ньютон, Стокс, Релей, Озеєн, Гольдштейн, Ріттингер, М.А.Веліканов, А.Н.Колмогоров, М.І.Седов. Великий внесок у розвиток теорії відстоювання внесли професори С.Х.Азер'єр, А.І.Жуков, П.І.Піскунов, В.Т.Турчинович, С.М.Шифорин, С.В.Яковлев.

А.В.Єршовим була створена нова модифікація вертикальних від-